

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2808970号

(45) 発行日 平成10年(1998)10月8日

(24) 登録日 平成10年(1998)7月31日

| | | |
|---------------------------|-------|--------------|
| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | F I |
| G 2 1 D 3/08 | G D B | G 2 1 D 3/08 |
| | | G D B G |
| | | G D B X |
| 1/00 | G D B | 1/00 |
| | | G D B Y |

請求項の数11(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平4-63147

(22) 出願日 平成4年(1992)3月19日

(65) 公開番号 特開平5-264786

(43) 公開日 平成5年(1993)10月12日

審査請求日 平成7年(1995)10月12日

(73) 特許権者 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 長瀬 誠
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社
日立製作所 エネルギー研究所内

(72) 発明者 朝倉 大和
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社
日立製作所 エネルギー研究所内

(72) 発明者 植竹 直人
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社
日立製作所 エネルギー研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

審査官 山口 敦司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 原子力プラント及びその水質制御方法並びにその運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 給水系配管から原子炉冷却用の水を供給する原子力プラントの水質制御方法において、給水中の鉄濃度を0.1ppb以下に制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項2】 給水系配管から原子炉冷却用の水を供給する原子力プラントの水質制御方法において、給水中の鉄濃度を0.05ppb以下に制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項3】 請求項1又は2において、原子炉内の炉水の室温でのpHが弱酸性となるように炉水の水質を制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項4】 請求項3において、前記室温でのpHが5.6～6.8の範囲となるように制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項5】 請求項1又は2において、原子炉から取り出した炉水を浄化して原子炉へ戻す原子炉再循環系に設けられた浄化装置を流れる炉水の流量を、給水流量の2%よりも多くすることを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項6】 請求項3又は4において、炉水中に窒素、一酸化二窒素、炭酸ガスのうち、少なくとも何れかのガスを注入して前記室温でのpHを制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項7】 請求項3又は4において、原子炉再循環系の浄化装置に硝酸型の陰イオン交換樹脂を設け、この浄化装置を流れる炉水の流量を制御することにより前記室温でのpHを制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項8】 請求項3又は4において、炉水中の溶存酸

素濃度を低下させて還元雰囲気中に制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項9】給水系配管から原子炉冷却用の水を供給する原子力プラントの水質制御方法において、給水中の鉄濃度を0.1ppb以下に制御すると共に、原子炉内の炉水の室温でのpHが5.6～6.8の範囲となるように制御することを特徴とする原子力プラントの水質制御方法。

【請求項10】原子炉と、該原子炉で発生した水蒸気により駆動されるタービンと、該タービンからの水蒸気を凝縮する復水器と、該復水器からの復水を浄化する浄化装置と、該浄化装置で浄化された水を加熱して前記原子炉に供給する給水加熱器とを備えた原子力プラントにおいて、前記浄化装置として給水中の鉄濃度を0.1ppb以下にする浄化装置を設け、更に前記原子炉内の炉水の室温でのpHが5.6～6.8の範囲となるように制御するpH制御装置を設けたことを特徴とする原子力プラント。

【請求項11】原子力プラントの定期検査時に原子炉圧力容器内のCo酸化物を除去し、その後給水中の鉄濃度を0.1ppb以下に維持しながら原子力プラントを運転することを特徴とする原子力プラントの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、水冷却直接サイクル型原子力プラント（沸騰水型原子炉や新型転換炉のように水を冷却材とし燃料棒表面において沸騰が起こるタイプの原子炉を有する原子力プラント）及びその水質制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の給水中の腐食生成物の濃度制御方法として、特開昭61-79194号公報に記載されているように、給水中のFe/Ni濃度比を2～10に調整することによって、炉水中の⁵⁸Coイオン濃度が低くなるようにしたものがある。また、特開平1-316692号公報に記載されているように、燃料棒表面への鉄の蓄積率を指標に給水中のFe濃度を制御することによって、炉水中の⁶⁰Coイオン濃度が低くなるようにしたものがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術の一は、給水中のFe/Ni濃度比のみに着目して最適な制御を行なうようにしているが、この条件を満たして炉水中の⁵⁸Coイオン濃度が低いレベルを達成したときでも炉水中の⁶⁰Coイオン濃度が予想されるレベルよりも高くなることが考えられ、制御の指標として問題が残っている。

【0004】また、燃料棒表面への鉄の蓄積率を指標とした鉄濃度制御は、上記従来技術の一の問題点を改良したものであるが、炉内構造物の応力腐食割れ対策等のために水素注入運転を行なった場合には、炉水環境が還元雰囲気となって酸化物の溶解が加速され、その結果、燃

料棒表面に蓄積したCoの酸化物層からの⁶⁰Coイオンの溶出速度が増大し、再び炉水中の⁶⁰Coイオン濃度が高くなることが予測される。

【0005】また、燃料の有効利用という観点から長寿命化（1運転サイクルの期間延長）あるいは燃料の燃焼度の増加も計画されている。このように燃料からの出力を多くとることは、燃料棒の表面に付着するCoの放射化を促進し、比放射能が高くなることを意味する。従って、これに伴い炉水中の⁶⁰Coイオン濃度が高くなることも予測される。

【0006】しかしながら、従来、このような水素注入運転や燃料の燃焼度の延長等といった将来的な運転環境の変化に伴って生じる問題点に対しては、十分な考慮がなされていなかった。

【0007】本発明の目的は、炉水中の⁶⁰Coイオン濃度が増大するように運転環境が変化した場合でも、炉水中の⁶⁰Coイオン濃度を低減できる原子力プラント及びその水質制御方法並びにその運転方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための第1の発明では、原子力プラントの給水中の鉄濃度を0.1ppb以下に制御する。

【0009】第2の発明では、原子力プラントの給水中の鉄濃度を0.05ppb以下に制御する。

【0010】第3の発明では、原子力プラントの給水中の鉄濃度を0.1ppb以下に制御すると共に、原子炉内の炉水の室温でのpHが5.6～6.8の範囲となるように制御する。

【0011】第4の発明では、原子力プラントに、給水中の鉄濃度を0.1ppb以下にする浄化装置と、原子炉内の炉水の室温でのpHが5.6～6.8の範囲となるように制御するpH制御装置を設ける。

【0012】第5の発明では、原子力プラントの定期検査時に原子炉圧力容器内のCo酸化物を除去し、その後給水中の鉄濃度を0.1ppb以下に維持しながら原子力プラントを運転する。

【0013】

【0014】

【0015】

【0016】

【0017】

【0018】

【0019】

【0020】

【0021】

【0022】

【作用】炉水中の⁶⁰Coイオン濃度は、主として燃料被覆管表面に蓄積している⁶⁰Coのインベントリと、酸化物からのCoイオンの溶出速度の積に比例する。このた

め、炉水中の ^{60}Co イオン濃度を低減するためには、 Co イオンの溶出速度を低減するか、 ^{60}Co のインベントリを小さくするかの2通りの方法が考えられる。前者の考え方が、従来の鉄を適量加えて Co イオンの溶出速度を低減するものであった。これに対して後者の方法は、本発明の方法であるが、この後者の方法としては、燃料棒の被覆管上に蓄積する Co インベントリを減少すれば良く、このためには、燃料棒の被覆管への Co イオンの付着速度を低下させるか、燃料棒の被覆管に付着している酸化物からの Co イオンの溶出を加速させることの2通りが考えられる。

【0023】燃料棒被覆管への Co イオンの付着速度を低下させるには、給水中の鉄濃度を極力低く維持することで、炉水中の Fe/Ni 濃度比をできるだけ小さくする。即ち、図2に示す実験結果から分かるように、燃料棒への Co イオンの付着速度係数は、 Fe/Ni 濃度比依存性を持ち、図から Fe/Ni 濃度比が小さいほど Co イオンは燃料棒に付きにくくなるのがわかる。

【0024】鉄が存在しないときの Co イオンの付着物の化学形態は CoO であることが確かめられている。この CoO からの Co イオンの溶出速度は、フェライト酸化物(CoFe_2O_4)からのそれに比べて約1桁ほど大きい。このため、図3に示すように、溶存酸素濃度が約200ppb、中性の水質条件下では、給水中の鉄濃度が0.1ppbまでは濃度を下げるほど炉水中の ^{60}Co イオン濃度が高くなり、それより低くなると、燃料棒の被覆管への Co イオン(放射性的 ^{60}Co イオン及び非放射性的 ^{59}Co イオン)の付着速度が低下する効果、即ち、燃料棒被覆管上に蓄積する Co (^{60}Co 及び ^{59}Co)のインベントリが小さくなる効果が強く働き、炉水中の ^{60}Co イオン濃度は低下し始める。このことから、給水中の鉄濃度を極力低く(0.1ppb以下)維持することで、炉水中の ^{60}Co イオン濃度を低く維持することができる。

【0025】しかしながら、上述の給水中の鉄濃度を極力低く維持する方法では、従来技術のように鉄濃度が高いときよりも低い ^{60}Co イオン濃度は達成されない。この点において、従来技術に示すように、鉄分を加えて給水中の鉄濃度を制御して CoFe_2O_4 を積極的に生成することにより酸化物からの Co イオンの溶出を抑制する方法が、炉水中の ^{60}Co イオン濃度の低減を図る上で有効であることが分かる。しかしながら、近年燃料の性能を向上させるために採用しているZrライナー燃料では、オートクレーブ処理による酸化被膜の生成を行わなくなり、この影響で燃料棒への付着が起りにくくなってきており、従来技術の方法では、これが炉水中の ^{60}Co イオン濃度の上昇を招く可能性がある。また、今後は燃料の燃焼度を高くする方向にあることや、1運転サイクルの期間を延長しようとする動きもあり、これらが採用されれば燃料に付着している Co の放射化を促進し、比放射能が高くなるので、従来技術の方法では、炉水中

の ^{60}Co イオン濃度の上昇を導くことが避けられなくなると予想される。

【0026】これに対して、図4に示すように燃料棒の付着物からのイオンの溶出速度が図3のときと比べて5倍になったと仮定すると、今度は給水中の鉄濃度が低い方が炉水中の ^{60}Co イオン濃度が低下するようになる。これは、 Co の溶出速度が大きくなったため、燃料棒への Co イオンの付着速度が低下する効果とあいまって、燃料棒に蓄積する Co インベントリが小さくなり、放射化生成される ^{60}Co の量が極端に減少し、溶出速度が大きくてもグロスとしての溶出量が小さくなったためである。従って、上述のように将来的に運転環境の変化して炉水中の ^{60}Co イオン濃度の上昇が予想される場合においても、 ^{60}Co イオン濃度を低減することが可能となる。

【0027】給水中の鉄濃度を0.01ppbと仮定し、燃料棒からのイオンの溶出加速倍率をパラメータに炉水中の ^{60}Co イオン濃度を解析した結果を図5に示す。図より溶出加速が約5倍以上になると、従来技術による放射能抑制方法より、炉水中の ^{60}Co イオン濃度低減効果が大きくなることが分かる。燃料棒上の Co インベントリが小さくなるためには、燃料棒への Co イオンの付着係数が小さくなくてもよく、図5と同様に給水中の鉄濃度を0.01ppbと仮定し、燃料棒へのイオンの付着係数をパラメータに解析した結果を図6に示すが、これは図5とほぼ同等の効果があることがわかる。即ち、図3～図6からすると、燃料棒への Co イオンの付着係数が小さくなり、燃料棒からの Co イオンの溶出速度が加速される条件では、給水中の鉄濃度を0.1(好ましくは0.05)ppb以下に低く維持することにより、従来技術による放射能抑制方法に比べて炉水中の ^{60}Co イオン濃度を低く維持することが可能となることが分かる。

【0028】燃料棒の付着物からの Co イオンの溶出速度を増大させる方法としては、炉水のpHを酸性側にシフトさせればよい。コバルト酸化物からの Co イオンの溶出速度に関しては、図7に示すようなpH依存性があるので、酸性不純物を用いて炉水pHを低下させると Co の溶出速度は大きくなる。

【0029】炉水のpHを酸性側にシフトさせると構造物の腐食も加速される方向になるが、冷却水中に水素を同時に注入すると、水の放射線分解で生成する酸素が少なくなり、ステンレス鋼等の構造材料の腐食を抑制することができる。

【0030】上述の本発明の知見をまとめると、給水中の鉄濃度を極力低く維持することにより燃料棒表面への Co イオンの付着を少なくすると共に、溶解しやすい CoO の化学形態を維持し、さらに、炉水のpHを酸性側に保つことによりコバルト酸化物からの Co イオンの溶出を加速して、これらによって燃料棒表面に蓄積する Co のインベントリを小さくすることが、炉水中の ^{60}Co

イオン濃度を低く維持する上で極めて有効であることが分かる。

【0031】本発明では、燃料棒の被覆管上のCoイオンベントリを低減させることが、炉水中の ^{60}Co イオン濃度の抑制に有効であることから、炉水中のCoを積極的に除去することも有効となる。この観点から、原子炉浄化系（再循環系の浄化装置）によるCoの除去を増加させる、すなわち、浄化系の容量を現行プラントで最も多く採用されている2%よりも大きくすることにより、非放射性のCoを多く除去して、燃料棒の被覆管上のCoイオンベントリを低減させる。その結果、 ^{60}Co イオン濃度が抑制されて放射能を低く保つことが可能となる。

【0032】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1により説明する。図1は沸騰水型原子炉の系統を示した図であり、復水器2を出た腐食生成物を含む復水は復水ポンプ3により復水プレフィルタ4及び復水脱塩器5を通過する際その腐食生成物の大部分が除去される。浄化された水は給水ポンプ6、低圧給水加熱器7、昇圧ポンプ8、高圧給水加熱器9を通して原子炉压力容器10に導かれる。原子炉压力容器10に持ち込まれる腐食生成物は、復水脱塩器5で除去されなかったものに、主として高圧給水加熱器9の腐食によって発生するNi等が加わったものとなる。その持ち込み量は給水サンプリングライン14を通して採取された試料を濃度測定装置17により測定することから知ることができる。本発明の実施例では、この測定値の内、鉄濃度が0.1ppb（好ましくは0.05ppb）以下になるように、復水プレフィルタ4に中空糸膜フィルタを100%容量で用い、復水脱塩器5の下流側で給水ポンプ6の上流側で給水中に酸素を注入し、給水中の溶存酸素濃度を20ppbから200ppbの範囲に制御して炭素鋼配管の腐食を低減することにより可能となる。復水脱塩器5における除鉄率が低下し、給水鉄濃度が0.1ppbを越えそうな場合には復水脱塩器5の逆洗を実施して脱塩器に蓄積している鉄のインベントリを減らしてリークする鉄量を減らすことによって鉄濃度の低下を図ることができる。

【0033】炉水の水質は、炉水サンプリングライン15を通して室温まで冷却された後、pH計や溶存酸素計から構成される水質測定装置18において測定される。給水の鉄濃度を0.1ppb以下に低減したときに、炉水中の ^{60}Co イオン濃度を低減させるためには燃料に付着するCoの量を減らす必要がある。これには、燃料付着物からのCoの溶出速度を大きくすれば良い。図5から溶出速度を現行プラントの5倍以上にすることで、上記目的を達成することができるが、図7に示すようにCo溶出速度を5倍にするためには、高温のpHを0.5下げれば良いことがわかる。

【0034】現行プラントの炉水pHを室温で7と仮定すると、炉水温度でのpHは5.63となるので、溶出速度

を5倍とするためには、炉水温度でのpHを5.13とすればよい。燃料被覆管上では沸騰が起こるため局所的な不純物の濃縮が起こる。このため、ドライアウト面では瞬間的に濃縮倍率は無限大となるが、ここで平均的な不純物の濃縮倍率を100倍と仮定すると室温におけるpHは6.86とごく僅かの酸性（濃縮倍率を10倍と仮定すると、室温pHは6.17）で、酸化物が付着している被覆管表面近傍の高温pHは5.13を示すことになる。そこで、このような弱酸性の炉水水質を維持するためには、冷却材に酸性を示す不純物あるいは放射線化学反応によって酸性を示す不純物を生成する物質を加えてやる必要がある。具体的には、復水脱塩器の出口側で給水ポンプの上流側（現行プラントで酸素注入を行っている所）に炭酸ガスを注入することによって達成できる。炭酸ガス以外にも放射線分解反応を介して硝酸イオンを生成する窒素や一酸化二窒素といったガスを注入してもよい。ガスの注入量は、注入ガスが揮発性であるため実際に室温の炉水pHをモニタしながら6.8より小さい値となるように流量制御弁21を調節すればよい。

【0035】炉水pHの下限については、図5からわかるように5倍を越えたあたりから放射能低減効果は飽和傾向を示すこと、及び酸性側では構造材の腐食も加速されるので、現在水質管理基準として考えられている室温における炉水pH5.6が適当である。

【0036】本実施例のように復水プレフィルタに中空糸膜フィルタを用いるとプリコート型フィルタに比べて廃棄物発生量が少なくすむ効果がある。また、炭酸ガスを用いてpHを制御することは、炭酸が揮発性のため局所的な濃縮が長時間続くようなことが起こりにくいので、構造材料の腐食を起こす可能性が小さいという特徴がある。

【0037】先の実施例では、復水プレフィルタに中空糸膜フィルタを用いたが、プリコート型のフィルタを用いてもよい。すでに、このタイプの復水プレフィルタが設置されている場合には、設備の変更が不要である。

【0038】また、先の実施例では、炉水pHを酸性とするため、給水系から炭酸ガス等を注入したが、炉水浄化系の1系統の陰イオン交換樹脂を硝酸型にイオン交換基を置換しておき、流量を制御して硝酸イオンを炉水に持ち込むようにして炉水pHを制御してもよい。本方法では新たな設備を追加する必要がないという特徴があるが、流量を絞った場合浄化系の除去率が低下してしまう欠点がある。硝酸以外にも硫酸や燐酸でもpHを酸性に制御できるが、ステンレス鋼の応力腐食割れにとっては硝酸イオンが最も影響が小さいので、構造材の健全性を高く維持するには硝酸が好ましい。

【0039】また、先の実施例では、炉水pHを酸性とするため、給水系から炭酸ガス等を注入したが、直接硝酸を給水系の復水脱塩器の出口側で給水ポンプの上流側に注入してもよい。ただし、この場合は給水pHも酸性

にシフトするので給水系の構造材料の腐食が促進される恐れがある。

【0040】実施例2

第1の実施例では構造材料の腐食がpHの低下に伴って加速されるため、pHの下限値が決められてしまうが、構造材料の腐食は炉水中の溶存酸素濃度を低下させることによって低減することができる。すなわち、通常ステンレス鋼の応力腐食割れが起こらないとされる溶存酸素濃度20ppb以下にすることにより、pHを下げたときの構造材料の腐食加速を抑制できる。

【0041】炉水中の溶存酸素濃度を低減するためには、炭酸ガス等の注入と同様にして、復水脱塩器の出口側で給水ポンプの上流側に水素ガスを注入することによって達成できる。水素ガスの注入量は、溶存酸素濃度の低減効果がプラント間で一般に異なるので、炉水溶存酸素濃度をモニタしながら20ppb以下になるように流量制御弁23を調節すればよい。

【0042】本実施例では、pH低下に伴う腐食加速を抑制できるのでプラントの信頼性が向上する。また、溶出加速をより大きくするために現在の管理基準値pH5.6より低いpHでの運転の可能性も生じる。

【0043】実施例3

既設プラントで既に鉄濃度が0.05ppbより高く、燃料被覆管上に蓄積しているCoインベントリが多いプラントでは、急に給水鉄濃度を0.05ppb以下かつ炉水pHを弱酸性にすると、燃料から溶出する ^{60}Co の量はインベントリに対応して非常に多くなり、炉水中の ^{60}Co イオン濃度は高くなってしまう。したがって、実施例1に示すような制御を始めるためには、事前に燃料上のCoインベントリを低減する必要がある。具体的には、定検時に全燃料を交換するか、あるいは非交換燃料については除染を行って燃料被覆管上に蓄積しているCoを除去すればよい。

【0044】本実施例のように、燃料被覆管上に蓄積しているCoを全て除去することで、既設プラントでも炉水中の ^{60}Co イオン濃度の過渡的な上昇を経験せずに水質管理方法を変更することができる。

【0045】上記の本発明によれば、プラントの寿命中の全期間を通じて炉水中の ^{60}Co 濃度を低く維持することができる。また、 ^{60}Co を始め、鉄を親核種とする ^{54}Mn 、 ^{59}Fe の生成量が少なくなるので、放射性廃棄物の量の低減と炉水中の沈降性の放射性腐食生成物の濃度

の低減が達成される。炉水中の ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 濃度が低ければ一次冷却系配管に付着する ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe の量も少なくなるので、定期点検時の一次系の線量率を低くすることができ、作業員の受ける被曝線量を少なくする効果がある。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、水素注入運転や燃料の燃焼度の延長等といった将来的な運転環境の変化に伴って炉水中の ^{60}Co イオン濃度が上昇するような状況になっても、炉水中の ^{60}Co イオン濃度を低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示すための沸騰水型原子炉の一次冷却系の系統図である。

【図2】燃料被覆管へのCoイオンの付着係数のFe/Ni濃度比依存性を示した図である。

【図3】現行の通常水質における給水鉄濃度と炉水中の ^{60}Co イオン濃度の関係を示した図である。

【図4】燃料付着酸化物からのイオンの溶出速度が5倍となった場合における給水鉄濃度と炉水中の ^{60}Co イオン濃度の関係を示した図である。

【図5】給水鉄濃度を0.01ppbとした場合に、燃料付着酸化物からのイオンの溶出速度の加速倍率と炉水中の ^{60}Co イオン濃度の関係を示した図である。

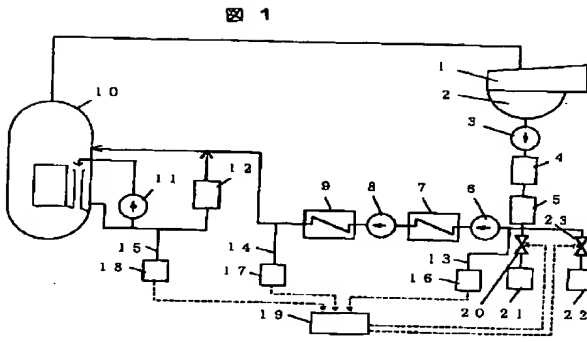
【図6】給水鉄濃度を0.01ppbとした場合に、燃料被覆管へのCoイオンの付着係数と炉水中の ^{60}Co イオン濃度の関係を示した図である。

【図7】高温のpHと酸化物からのCoイオンの溶出速度の関係を示した図である。

【符号の説明】

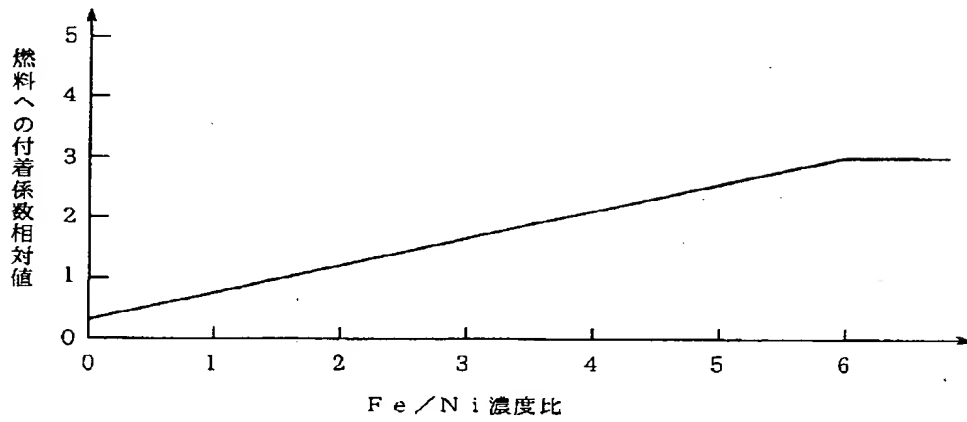
1…タービン、2…復水器、3…復水ポンプ、4…復水プレフィルタ、5…復水脱塩器、6…給水ポンプ、7…低圧給水加熱器、8…昇圧ポンプ、9…高圧給水加熱器、10…原子炉圧力容器、11…再循環ポンプ、12…原子炉浄化装置、13…復水脱塩器出口サンプリングライン、14…給水サンプリングライン、15…炉水サンプリングライン、16…溶存ガス濃度測定装置、17…鉄濃度測定装置、18…炉水pH、溶存酸素濃度測定装置、19…診断装置、20…水素注入量制御弁、21…水素ガスタンク、22…炭酸ガスタンク、23…炭酸注入量制御弁。

【図1】



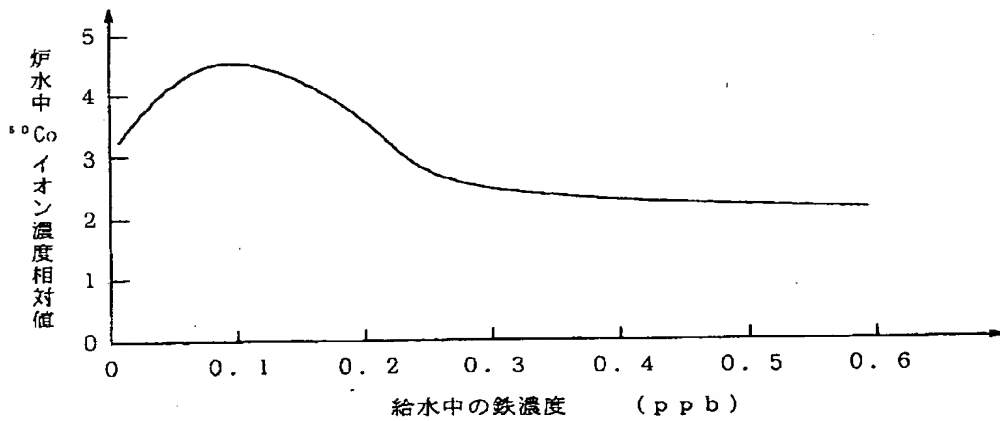
【図2】

図 2



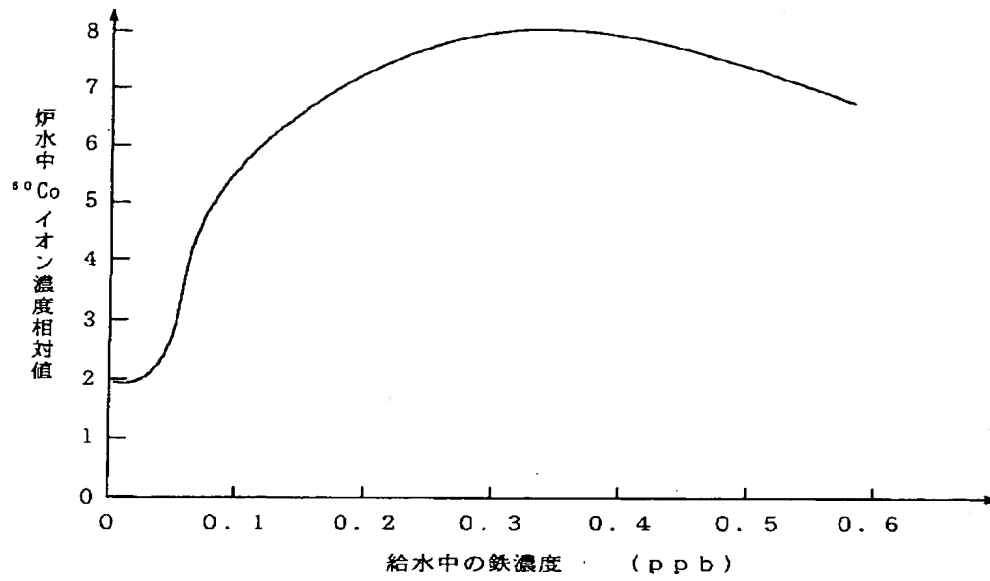
【図3】

図 3



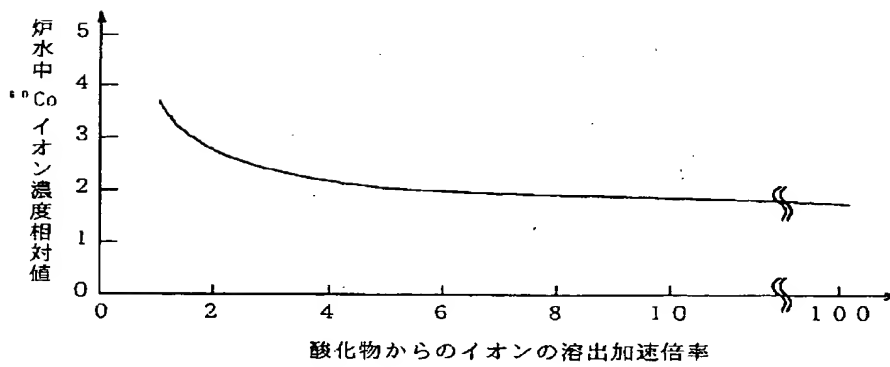
【図4】

図 4



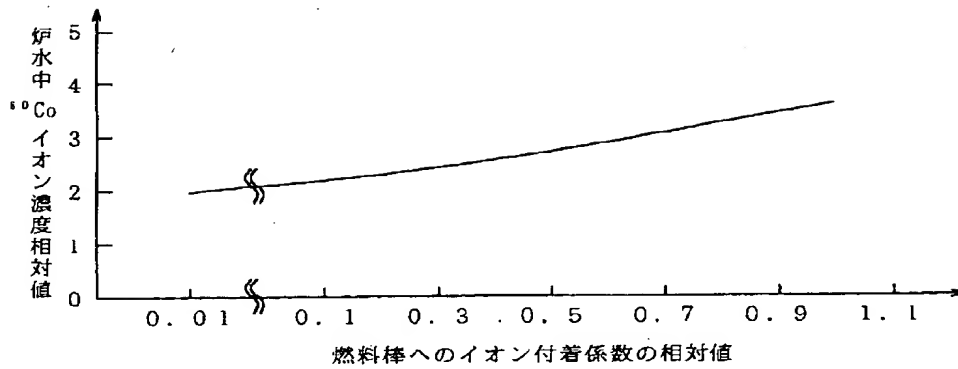
【図5】

図 5



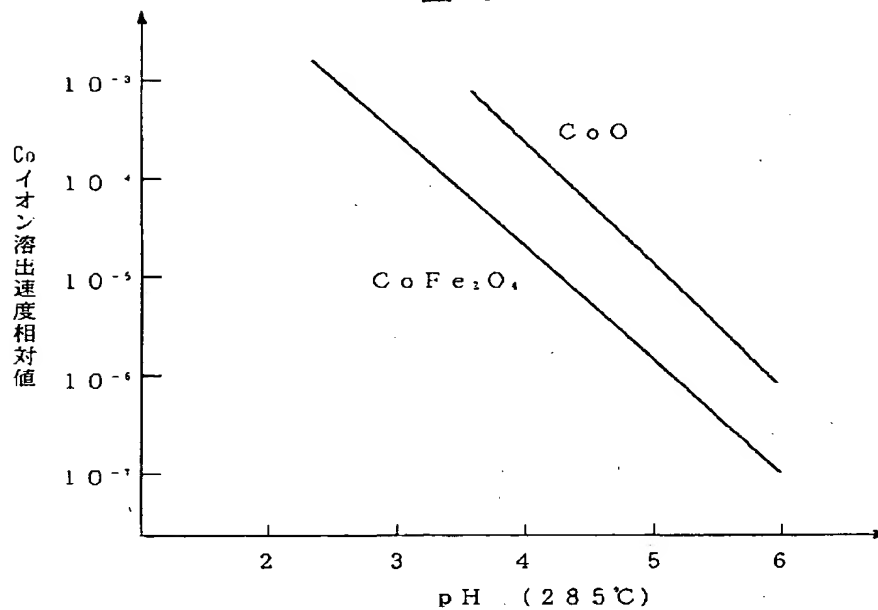
【図6】

図 6



【図7】

図 7



フロントページの続き

(72)発明者 沢 俊雄
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 内田 俊介
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 竹田 練三
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 大角 克巳
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式
会社 日立製作所 日立工場内

- (56)参考文献 特開 昭64-68696 (J P, A)
特開 昭61-245093 (J P, A)
特開 昭61-294398 (J P, A)
特開 平1-197698 (J P, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.6, DB名)
G21D 1/00 - 3/08